



**UNIVERSIDADE DE LISBOA**  
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



## **Estudo da economia de esforço durante a marcha realizada com e sem oclusão vascular**

---

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre  
em Ciências da Fisioterapia

**Orientador: Doutor Gonçalo Vilhena de Mendonça**

**Júri:**

Presidente

Doutor Pedro Luís Camacelha de Pizarat Correia

Vogais

Doutor Fernando Manuel da Cruz Duarte Pereira

Doutor Gonçalo Laima Vilhena de Mendonça

**Telma Margarida Silva Grácio**

**2014**





**UNIVERSIDADE DE LISBOA**  
FACULDADE DE MOTRICIDADE HUMANA



## **Estudo da economia de esforço durante a marcha realizada com e sem oclusão vascular**

---

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre  
em Ciências da Fisioterapia

**Orientador: Doutor Gonçalo Vilhena de Mendonça**

**Júri:**

Presidente

Doutor Pedro Luís Camacelha de Pizarat Correia

Vogais

Doutor Fernando Manuel da Cruz Duarte Pereira

Doutor Gonçalo Laima Vilhena de Mendonça

**Telma Margarida Silva Grácio**

**2014**

## AGRADECIMENTOS

---

Começo por apresentar o meu reconhecimento ao Doutor Gonçalo Vilhena de Mendonça, orientador desta dissertação de mestrado, por ter sugerido a minha participação no estudo e também, a produzir toda a recolha de dados no meu primeiro ano de mestrado. Agradeço toda a sua disponibilidade e todas as sugestões dadas para que o desenvolvimento desta dissertação corresse pelo melhor.

Um agradecimento a todos os meus professores de mestrado pelo contributo na sua transmissão de conhecimento, o que me permitiu dissertar com um maior grau de consciência.

Agradeço a todos os participantes deste estudo, que se disponibilizaram para se deslocar três vezes ao laboratório e permitiram que este estudo fosse para a frente.

A todos os meus colegas de mestrado, em especial, para as minhas colegas, Sofia Ferreira e Soraia Santana, que ao longo destes dois anos se revelaram grandes amigas e foram pilares essenciais ao bom decorrer deste mestrado.

Um agradecimento aos meus pais, José Lebre Grácio e Maria Helena Feliciano e Silva Grácio, por todo o sacrifício que têm tido ao longo da minha vida estudantil e por permitirem que eu persiga com o meu grande sonho que é este grande gosto que nutro pelos estudos. À minha irmã, Joana Eduarda Silva Grácio, que me transmitiu coragem ao longo deste percurso e me abriu os olhos quando a escuridão parecia infinita.

Um especial obrigado ao grande amor da minha vida que, me fez acreditar nos momentos em que eu não conseguia acreditar.

Por fim, quero agradecer a todos os meus familiares e amigos que me fazem acreditar dia após dia.

## ÍNDICE GERAL

---

<b>ÍNDICE DOS QUADROS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DAS FIGURAS.....</b>	<b>6</b>
<b>1.ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>2. RESUMO.....</b>	<b>8</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
<b>4.1. População/amostra.....</b>	<b>13</b>
<b>4.2. Desenho experimental.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3. Protocolo de exercício máximo.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4. Protocolo de repouso e de exercício submáximo.....</b>	<b>15</b>
<b>4.5. Tratamento de dados.....</b>	<b>16</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>18</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>25</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DOS QUADROS

---

<b>Quadro 1.</b> Variáveis de caracterização individual e valores cardio-respiratórios e metabólicos recolhidos no decurso do protocolo máximo de exercício.....	<b>13</b>
--	-----------

<b>Quadro 2.</b> Variáveis obtidas em repouso antes da prova submáxima realizada com e sem oclusão vascular.....	<b>18</b>
--	-----------

<b>Quadro 3.</b> Valores de percepção subjetiva de esforço e de intensidade relativa recolhidos durante as 5 séries de marcha submáxima.....	<b>20</b>
--	-----------

## ÍNDICE DAS FIGURAS

---

<b>Figura 1.</b> Comparação do consumo de oxigénio líquido ( $\text{VO}_2$ líquido; A), frequência cardíaca (FC; B), ventilação minuto ( $\text{V}_E$ ; C) e do quociente respiratório (QR; D) durante as 5 séries de marcha submáxima realizada com e sem oclusão vascular. Os valores apresentados correspondem à média $\pm$ DP. * Efeito de condição ( $p < 0.05$ ); § efeito de tempo ( $p < 0.05$ ).....	<b>19</b>
--	-----------

## 1. ABSTRACT

---

This study intended to explore whether interval walking with blood flow restriction (BFR) increases net metabolic cost of locomotion in healthy young men at their optimal walking speed. We also examined possible relationships between the changes in ratings of perceived exertion (RPE) and those obtained in minute ventilation ( $V_E$ ) during walking with BFR. Eighteen healthy men (age:  $23.1 \pm 3.6$  years) performed graded treadmill exercise to assess the maximal oxygen consumption ( $VO_{2max}$ ). In a randomized fashion, participants also performed five bouts of 3-min treadmill exercise with and without BFR at their optimal walking speed. Walking with BFR elicited an overall increase in net  $VO_2$  (9.4%) compared with that seen in the non-BFR condition ( $p < 0.05$ ). The participants also demonstrated greater  $V_E$  values while walking with BFR ( $p < 0.05$ ). We found no significant correlation between the changes in  $V_E$  and in RPE induced by walking with BFR ( $r = 0.33$ ,  $p > 0.05$ ). Our findings indicate that BFR decreases net walking economy in healthy young men, even at their optimal walking speed. They also suggest that the effects of BFR on walking economy may be partially explained by heightened ventilatory drive. Finally, we provide preliminary evidence that the ventilatory response to walking with BFR is largely independent of changes in central command.

**Keywords:** blood flow restriction, net metabolic cost, economy, optimal walking speed, interval walking, locomotion, treadmill, net  $VO_2$ , minute ventilation, rating of perceived exertion.

## 2. RESUMO

---

Este trabalho pretendeu explorar se a oclusão vascular contribui para o aumento do custo metabólico líquido da marcha realizada por homens jovens e saudáveis à sua velocidade otimal de locomoção. O trabalho também analisou as possíveis relações entre as variações na percepção subjetiva de esforço (PSE) e os valores obtidos em ventilação minuto ( $V_E$ ) durante a marcha com oclusão vascular. Dezoito homens saudáveis (idade:  $23.1 \pm 3.6$  anos) realizaram um protocolo em passadeira rolante para avaliar o consumo máximo de oxigénio ( $VO_{2\text{máx}}$ ). De forma randomizada, os participantes também realizaram 5 séries de 3 min de exercício em passadeira rolante com e sem oclusão à sua velocidade otimal de locomoção. A marcha com oclusão vascular provocou um aumento geral do consumo de oxigénio ( $VO_2$ ) líquido (9.4%) em comparação com o observado na condição não oclusiva ( $p < 0.05$ ). Os participantes também demonstraram valores superiores de  $V_E$  durante a marcha com oclusão vascular ( $p < 0.05$ ). Não houve correlação significativa entre as alterações da  $V_E$  e da PSE induzida na marcha com oclusão vascular ( $r = 0.33$ ,  $p > 0.05$ ). Os resultados indicam que a oclusão vascular diminui economia líquida na marcha realizada por homens jovens e saudáveis, mesmo à sua velocidade otimal de locomoção; o aumento da  $V_E$  pode explicar parcialmente os efeitos da oclusão sobre a economia da marcha; e a potenciação do estímulo ventilatório desencadeado pela marcha com oclusão vascular parece ser independente de variações no comando central.

**Palavras-chave:** oclusão vascular, custo metabólico líquido, economia de esforço, velocidade otimal de locomoção, treino intervalado, marcha, passadeira rolante,  $VO_2$  líquido, ventilação minuto, percepção subjetiva de esforço.



### 3. REVISÃO DE LITERATURA

---

O treino com oclusão vascular caracteriza-se por uma metodologia que, muito embora envolva a prática de exercício com cargas de baixa intensidade [(20% de uma repetição máxima (1 RM))], induz ganhos de força e hipertrofia semelhantes aos registados na resposta ao treino de força de elevada intensidade [( $> 65\%$  de 1 RM)] (Takarada et al., 2000; Abe et al., 2006; Karabulut et al., 2010). Trata-se de uma abordagem de treino suplementada pela aplicação externa de pressão ao segmento trabalhado. A pressão oclusiva é geralmente administrada por intermédio de um torniquete pneumático (5-6 cm de largura), concebido num material leve e flexível. O torniquete coloca-se invariavelmente na porção mais proximal dos segmentos envolvidos no treino, utilizando uma pressão que pretende restringir o retorno venoso e não tanto o fluxo arterial (Sato, 2005).

De acordo com os dados existentes na literatura, sabe-se que os ganhos decorrentes do treino com oclusão vascular não se restringem à sua combinação com tarefas mais centradas no domínio do trabalho de força. Na verdade, existe evidência de que estes podem mesmo ser extensíveis a tarefas realizadas em regime dinâmico e com natureza cíclica como a marcha lenta (realizada a uma intensidade relativa entre 20-30% do  $VO_{2máx}$ ). Em concreto, a combinação entre marcha e oclusão vascular resulta na melhoria de inúmeros fatores com relevância para o rendimento humano, entre os quais se destacam: (1) padrão de ativação eletromiográfico do músculo-esquelético, (2) perfil metabólico muscular, (3) hipertrofia muscular e (4) ganhos de força tanto em jovens como em idosos (Abe et al., 2006, 2010a,b; Renzi et al., 2010; Ozaki et al., 2011). Na verdade, o treino de marcha com oclusão vascular parece ser o único estímulo de treino com potencial para promoção paralela de ganhos hipertróficos, de força muscular e de  $VO_{2máx}$  (Lida et al., 2011; Abe et al., 2010a). A este respeito, e no domínio específico da resistência cardio-respiratória, existem estudos que demonstram que duas semanas de treino bidário de marcha com oclusão vascular, realizado 6 dias por semana, são suficientes para que se observe um aumento significativo de 11.6% do  $VO_{2máx}$ . Isto, porque a oclusão vascular potencia a adaptação ao treino de base cardio-respiratória por intermédio da angiogénese e do aumento das reservas de glicogénio muscular (Larkin et al., 2012; Park et al., 2010). Já no que diz respeito às adaptações observadas ao nível da massa muscular no decurso do treino com oclusão vascular, existem diversos mecanismos que lhe poderão servir de substrato, tais como: (1) mecanismos com origem neuroendócrina, como o aumento da hormona do crescimento (GH) e do fator de crescimento insulinomimético tipo 1 (IGF-1) (Takano et al. 2005), (2) mecanismos com origem em processos de ativação neural, através do controlo neuromuscular

regido pelo “princípio do tamanho” em que, intensidades de estímulo maior recrutam unidades motoras de limiar de excitabilidade superior, como os das fibras tipo II (Sundberg, 1994) e (3) mecanismos com origem em processos moleculares. Existe a evidência de que, a marcha com oclusão vascular ativa vias de sinalização intracelular que podem estar relacionadas com os efeitos hipertróficos em homens jovens e saudáveis. (Ozaki et al., 2013).

As características gerais do protocolo de treino de marcha com oclusão vascular têm sido consistentes entre os diversos estudos centrados nas adaptações fisiológicas em homens jovens saudáveis (Abe et al., 2006, 2010<sup>a</sup>, Renzi et al., 2010; Loenneke et al., 2012; Ogawa et al., 2012). Genericamente, este protocolo tem sido estruturado para 5 séries de 2-5 min de marcha realizada na passadeira rolante, a uma velocidade entre os 50-87 m.min<sup>-1</sup>, e pausa passiva entre séries com duração exata de 1 min. Na maioria dos casos, a oclusão vascular tem sido cumprida mediante a aplicação de um *cuff* que deve permanecer insuflado durante toda a sessão de exercício a uma pressão entre 200-230 mmHg. Há evidências de que a exposição contínua a este tipo de protocolo duas vezes por dia, por 6 dias por semana e durante 3 semanas contribui para o aumento de ~ 4-7% na área de secção transversal e no volume muscular da coxa, em homens jovens e saudáveis (Abe et al., 2006).

Contrariamente ao verificado no caso das adaptações crónicas, os seus efeitos agudos não têm sido extensivamente estudados. De acordo com os dados existentes, a marcha com oclusão vascular acompanha-se de uma sobrecarga considerável ao miocárdio. Isto porque resulta no aumento da resistência vascular periférica e consequentemente na pós-carga (Renzi et al., 2010). Secundariamente, regista-se uma elevação da pressão arterial sistólica que se reflete no valor do duplo produto – parâmetro fisiológico que expressa o VO<sub>2</sub> miocárdico. Não menos importante, esta metodologia de treino faz-se acompanhar pela acumulação local de metabolitos, fenómeno que subsequentemente conduz à ativação simpática com origem metaborreflexa (Abe et al., 2006; Renzi et al., 2010; Sakamaki - Sunaga et al., 2012). É assim possível que os efeitos agudos da marcha com oclusão vascular sejam deletérios para a hemodinâmica de pessoas com compromisso cardiovascular. Por último, do ponto de vista metabólico, existe algum consenso no que respeita aos efeitos agudos da marcha com oclusão vascular sobre a economia de esforço. Em estudos muito preliminares, Abe et al., (2006) e Sakamaki - Sunaga et al., (2012) verificaram a existência de um aumento do VO<sub>2</sub> (economia de esforço) na resposta à marcha submáxima realizada em tapete rolante.

A economia de esforço é normalmente definida como a energia necessária para cumprir uma tarefa de esforço submáximo, realizada a uma dada intensidade absoluta e em condições de estacionaridade fisiológica. É determinada através do VO<sub>2</sub> e do quociente respiratório; ambos quantificados durante o exercício realizado em estado estacionário (Thomas et al., 1999; Saunders et al., 2004). Os indivíduos com uma boa economia de esforço despendem menos

energia e, portanto, consomem menos oxigénio ( $O_2$ ) durante o exercício realizado a uma mesma intensidade absoluta (Saunders et al., 2004). Existem fatores fisiológicos e biomecânicos que influenciam a economia de esforço individual. Embora este não seja um assunto inteiramente consensual, do ponto de vista fisiológico, existe alguma evidência de que o músculo-esquelético se torna metabolicamente mais económico quando exposto repetidamente ao treino. De acordo com os dados da literatura, esta resposta adaptativa parece associar-se a alterações no retículo mitocondrial (i.e., número de mitocôndrias e de enzimas oxidativas) que poderão contribuir para uma maior eficiência no processo de síntese de adenosina trifosfato (ATP) por unidade molar de  $O_2$  consumido ou/e de conversão de energia química (ATP) a trabalho mecânico. A nível biomecânico, a capacidade dos músculos para armazenar e libertar energia elástica varia em função da sua rigidez; fator que os torna mecanicamente mais eficientes. Poderá assim existir um menor gasto energético nas forças de travagem e nas oscilações verticais dos segmentos corporais e do próprio centro de massa (Saunders et al., 2004).

No caso da marcha, é importante referir que a relação entre o custo energético e a velocidade de locomoção pode ser descrita usando uma função quadrática. A economia da marcha apresenta assim um mínimo de dispêndio energético que se regista tipicamente numa velocidade intermédia de locomoção; muitas vezes designada de “velocidade ótima” (Saibene & Minetti, 2003). Infelizmente, no estudo realizado por Abe et al. (2006), os autores não procederam à recolha de gases expirados em condições de estacionaridade fisiológica. Já no caso do desenho experimental de Sakamaki-Sunaga et al. (2012), o  $VO_2$  da marcha com oclusão vascular foi medido durante 3 min num crescendo contínuo de quatro velocidades submáximas. Dada a especificidade da metodologia inerente aos estudos (i.e., não existe estacionaridade, nem regime contínuo de marcha), torna-se difícil poder generalizar os seus resultados a condições que passem pela prescrição de marcha intervalada com duração de pelo menos 3 min/série. Mais ainda, em nenhum dos dois desenhos experimentais se mediu a economia de esforço na resposta à marcha com oclusão vascular executada à velocidade ótima de locomoção. Esta pode ter sido uma limitação séria, dado que os participantes com estatura mais baixa ficaram em clara desvantagem relativamente aos seus pares mais altos. É ainda relevante notar que apenas dois estudos tentaram explicar o substrato fisiológico subjacente ao aumento do custo energético da marcha realizada com oclusão vascular (Clark et al., 1995; Sakamaki - Sunaga et al., 2012). Os resultados obtidos sugerem que este tipo de exercício implica um aumento no débito ventilatório; fenómeno que se pode, eventualmente, refletir na economia de esforço por implicar um aumento do dispêndio energético associado à atividade da musculatura inspiratória e expiratória. Não menos importante, o estímulo fisiológico responsável pela elevação do débito ventilatório durante a marcha com oclusão vascular é ainda desconhecido. Hipoteticamente, este pode ser explicado através do aumento da produção de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) com origem

nos músculos envolvidos no exercício. Alternativamente, pode decorrer da sobre-ativação do comando central sobre o centro respiratório localizado no tronco cerebral. Pode ainda decorrer da acumulação de metabolitos que não possam ser removidos do local de produção devido à restrição do retorno venoso (Renzi et al., 2010); fenómeno que poderá exercer um efeito direto na ativação metaborreflexa.

Com base na revisão da literatura e para melhor perceber como a oclusão vascular interage com a resposta fisiológica ao treino intervalado de marcha na passadeira, foram definidas as seguintes hipóteses:

- 1) O treino intervalado com oclusão vascular contribui para o aumento do custo metabólico líquido da marcha em homens jovens e saudáveis na sua velocidade ideal de marcha.
- 2) A diminuição na economia da marcha na condição de oclusão vascular pode ser acompanhada por um aumento desproporcionado da ventilação.
- 3) Como a percepção subjectiva de esforço (PSE) determina parcialmente a magnitude do comando central (Gandevia & Hobbs, 1990; Williamson et al., 2001), pode haver relação entre os valores na PSE e os valores obtidos na  $V_E$  durante a marcha com oclusão vascular.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. População/amostra

A amostra foi constituída por 18 indivíduos caucasianos do sexo masculino, com idade compreendida entre os 18 e os 30 anos, não obesos, livres de terapêutica farmacológica, não fumadores; sem história clínica compatível com doença cardiovascular, pulmonar, metabólica, endócrina; ou previamente submetidos a intervenção cirúrgica ao nível do aparelho músculo-esquelético e com um  $VO_{2\text{máx}}$  acima do percentil 50 ( $VO_{2\text{máx}} > 45 \text{ mL.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ ; ACSM, 2009; Quadro 1).

**Quadro 1.** Variáveis de caracterização individual e valores cardio-respiratórios e metabólicos recolhidos no decurso do protocolo máximo de exercício.

Variável	Média ± Desvio
	Padrão
Idade (anos)	23.1 ± 3.6
Estatura (cm)	173.0 ± 0.06
Massa (kg)	70.0 ± 5.5
IMC ( $\text{kg/m}^2$ )	23.5 ± 1.6
PAS <sub>rep</sub> (mmHg)	123.5 ± 10.1
PAD <sub>rep</sub> (mmHg)	78.8 ± 8.0
PAM <sub>rep</sub> (mmHg)	93.7 ± 8.1
$VO_{2\text{máx}}$ ( $\text{mL.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ )	61.5 ± 1.3
FC <sub>máx</sub> (bpm)	192.1 ± 12.8
QR <sub>máx</sub>	1.21 ± 0.05
V <sub>Emáx</sub> ( $\text{L.min}^{-1}$ )	143.5 ± 17.1

Abreviaturas: IMC índice de massa corporal; PAS<sub>rep</sub> pressão arterial sistólica de repouso; PAD<sub>rep</sub> pressão arterial diastólica de repouso; PAM<sub>rep</sub> pressão arterial média de repouso;  $VO_{2\text{máx}}$  consumo máximo de oxigénio; FC<sub>máx</sub> frequência cardíaca máxima; QR<sub>máx</sub> quociente respiratório máximo; V<sub>Emáx</sub> ventilação minuto máxima.

Todos os participantes apresentaram um perfil normotensional (valores repetidos de pressão arterial sistólica e diastólica <135/85 mmHg; Pickering *et al.*, 2005) e todos estavam devidamente familiarizados com a prática de corrida em passadeira rolante; apresentando ainda homogeneidade quanto aos seus níveis de atividade física semanal (alunos da licenciatura em Ciências do Desporto, acumulando em média 9 h semanais de exercício físico estruturado como parte do seu trabalho académico). Os participantes foram informados sobre a necessidade de evitar a ingestão de derivados xantínicos, de não realizar esforço pesado num período de 24 h pré-avaliação e de não ingerir alimentos sólidos ou líquidos a partir da meia-noite anterior à sessão. Todos cumpriram integralmente o protocolo experimental aqui definido. Por este

motivo, não foi necessário proceder à exclusão de nenhum participante durante o decurso deste estudo. Os participantes foram ainda informados de todos os riscos envolvidos no estudo e subsequentemente assinaram um termo de consentimento informado. O presente estudo foi aprovado pelo Conselho de Ética da Faculdade de Motricidade Humana e cumpriu os pressupostos expressos na Declaração de Helsínquia.

## 4.2. Desenho experimental

O estudo foi estruturado em três sessões separadas por, pelo menos, 48 h, num período máximo de 7 dias e durante o mesmo período da manhã (entre as 6:00 e as 11:00 h). Na primeira sessão foi aplicado um protocolo máximo. Nas duas sessões seguintes aplicou-se um protocolo de repouso, seguido de outro que envolveu marcha realizada numa passadeira rolante a uma intensidade submáxima. O exercício submáximo foi realizado com e sem oclusão vascular de forma randomizada em cada uma destas duas sessões, respetivamente. Todas as sessões foram realizadas no Laboratório de Comportamento Motor da Faculdade de Motricidade Humana, onde as condições ambientais foram devidamente controladas (temperatura entre os 22 e os 24° C e humidade relativa entre os 44 e 56%).

A primeira visita de cada participante ao laboratório implicou, numa fase inicial, a medição do comprimento do membro inferior (para posterior cálculo do número de Froude), tendo-se registado ainda a idade cronológica, estatura e massa corporal individual (com roupa de treino leve e sem calçado). A estatura foi registada com um nível de precisão de  $\pm 0.5$  cm num estadiómetro. Por sua vez, a massa corporal individual foi registada com um nível de precisão de  $\pm 0.01$  kg com recurso a uma balança digital (BG 42; Breuer GmbH Soflinger, Germany). Recorreu-se ao número de Froude com o intuito de salvaguardar que todos os participantes fossem avaliados na sua velocidade ótima de marcha; por este motivo, após se ter medido o comprimento do membro inferior em cada um dos participantes, calculou-se a velocidade compatível com uma marcha em passadeira rolante realizada a um número de Froude equivalente a 0.25 (Saibene & Minetti, 2003). Esta velocidade foi obtida tendo por base a seguinte equação:

$$(1) \quad v = \sqrt{0.25 \times g \times L}$$

em que  $v$  é a velocidade em metros por segundo,  $g$  é a aceleração da gravidade ( $9.81 \text{ m.s}^{-2}$ ) e  $L$  é o comprimento do membro inferior em metros. O comprimento do membro inferior foi medido com recurso a um antropómetro (GPM Anthropological Instruments, Zurich, Switzerland) e a medição foi definida com referência à distância exata entre o solo e o grande trocânter direito com o participante calçado e em posição ereta.

#### 4.3. Protocolo de exercício máximo

A avaliação do  $VO_{2\text{máx}}$  teve por base um protocolo previamente testado e validado para adultos jovens e saudáveis (Vilhena de Mendonça & Pereira, 2008), realizado em passadeira rolante (Erich Jaeger®, Laufergotest, Würzburg, Germany). A medição dos gases expirados foi realizada com recurso a uma câmara de mistura (MetaMax® I, Cortex, Leipzig, Germany). Esta foi calibrada com uma periodicidade compatível com as indicações fornecidas pelo fabricante e tendo por base volumes e concentrações conhecidas. Os dados da frequência cardíaca (FC) foram obtidos através de um cardiofrequencímetro Polar RS 800 G3 (Polar R-R recorder RS 800 G3, Polar Electro, Kempele, Finland). O teste máximo começou com um período de repouso (5 min) com o indivíduo imóvel em posição sentada. Seguiu-se a medição da pressão arterial de repouso (Omron R3, Omron, Hoofddorp, The Netherlands). Realizaram-se 2 ou 3 medições em função da eventual diferença entre as duas primeiras medições exceder 5 mmHg. Foram excluídos indivíduos com pressões arteriais de repouso  $\geq 160/90$  mmHg (um único caso). Iniciada a prova de esforço máximo, numa primeira fase foi assegurado apenas o aumento da inclinação de 2.5% a cada 2 min até ser atingida uma inclinação de 12.5% e com uma velocidade constante de 4 km.h<sup>-1</sup>. Posteriormente, e de acordo com o protocolo utilizado, foram realizados incrementos de velocidade a 1.6 km.h<sup>-1</sup> a cada minuto até à exaustão individual. Os dados do  $VO_2$  e da FC, obtidos através da prova de esforço máxima, foram analisados em médias de 20 s. O valor de  $VO_2$  atingido no final do teste foi aceite como  $VO_{2\text{máx}}$  sempre que se verificasse um *plateau* do  $VO_2$  com uma mudança de patamar de velocidade ou de acordo com os critérios da British Association of Sports and Exercise Science (Bird & Davidson, 1997). A  $FC_{\text{máx}}$  foi definida como o valor mais elevado registado durante cada prova.

No final da sessão, familiarizou-se o indivíduo com o processo de oclusão vascular. Assim sendo, após 30 min de recuperação sentada, submeteu-se o trem inferior de cada participante a uma pressão oclusiva de 120 mmHg, tendo-se feito posteriores incrementos de pressão numa magnitude de 20 mmHg por períodos de 30 s, alterados com 10 s de recuperação. O processo foi repetido até se atingir um valor final compatível com 200 mmHg (Abe *et al.*, 2006).

#### 4.4. Protocolo de repouso e de exercício submáximo

A linha de base, compatível com a condição de repouso, foi estudada com o indivíduo em posição sentada durante 30 min. Durante estes 30 min foi feita a recolha do  $VO_2$  e da FC de repouso. Contudo, apenas os últimos 5 min foram considerados para análise do  $VO_2$  de repouso de cada participante. Este protocolo de repouso realizou-se com os participantes sentados numa

cadeira confortável, colocada em cima e no centro da passadeira rolante. Cada participante permaneceu sentado, em posição neutra, com ancas e joelhos fletidos a 90°.

Uma vez concluído o protocolo de repouso, iniciou-se o protocolo de exercício submáximo que se subdividiu em 5 séries de 3 min de marcha em passadeira rolante, realizada a uma velocidade de Froude a 0.25 e com 1 min de recuperação entre séries. Registou-se o  $\text{VO}_2$  e a FC ao longo dos períodos de marcha e de recuperação, tendo-se recolhido o valor da PSE, através da escala de Borg [(6-20) adaptada e traduzida para a língua Portuguesa] durante os primeiros segundos da recuperação entre séries (Pereira, 1989). Esta escala foi disposta à frente do participante para que este pudesse indicar gestualmente o valor pretendido no final de cada série. Durante a oclusão vascular, o fluxo sanguíneo dos membros inferiores foi restringido pela aplicação de um *cuff* pneumático de 6 x 83 cm (D. E. Hokanson, Inc., Bellevue, EA, USA) insuflado a 200 mmHg (E20 rapid Cuff Inflator; D. E. Hokanson, Inc.). A oclusão vascular foi mantida durante toda a sessão, incluindo os períodos de recuperação passiva, o que fez um total de 19 min. A pressão do *cuff* foi imediatamente aliviada após a 5ª série. Todos os procedimentos e recolhas do protocolo de repouso e submáximo foram executados duas vezes por cada um dos participantes em dias distintos (condição de oclusão vs. não oclusão).

#### 4.5. Tratamento de Dados

Depois de transferidos para um computador em modalidade *offline*, os dados foram posteriormente organizados numa base em formato Excel (Microsoft Office, 2010). A média do último minuto de cada série com duração de 3 min (protocolo submáximo) foi definida como o valor de estado estacionário para o  $\text{VO}_2$ ,  $V_E$ , FC e quociente respiratório (QR). O  $\text{VO}_2$  de repouso foi posteriormente combinado com os valores de  $\text{VO}_2$  bruto obtidos durante a marcha para determinar o  $\text{VO}_2$  líquido. Em conformidade, em cada uma das séries de marcha, o  $\text{VO}_2$  líquido foi calculado subtraindo-se ao  $\text{VO}_2$  bruto em estado estacionário o  $\text{VO}_2$  de repouso. Numa primeira instância, as variáveis foram caracterizadas com recurso a técnicas descritivas (média  $\pm$  desvio padrão - DP). Seguidamente, testou-se a sua normalidade e homocedasticidade através dos testes de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respetivamente.

Tendo por base os resultados de um estudo anterior (Abe *et al.*, 2006), a média da diferença do  $\text{VO}_2$  entre a marcha com e sem oclusão vascular é de  $\sim 1.3 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  e seu o desvio padrão é de  $\sim 0.9 \text{ mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ . De acordo com estes dados, concluiu-se que um desenho experimental que reunisse uma amostra de 18 participantes permitiria assegurar uma probabilidade de rejeitar corretamente a hipótese nula superior a 80% (Cohen, 1988).



Os estudos existentes indicam que a diferença percentual do  $\text{VO}_2$  bruto entre marcha com e sem oclusão oscila entre 14 e 17% (Abe *et al.*, 2006, Sakamaki-Sunaga *et al.*, 2012). No entanto, nenhum destes desenhos experimentais quantificou o impacto da oclusão vascular sobre o  $\text{VO}_2$  líquido obtido durante a velocidade ótima de marcha (velocidade compatível com o menor dispêndio energético). Como o  $\text{VO}_2$  líquido foi idêntico entre todas as séries de marcha realizada em ambas as condições, procedeu-se ao cálculo desta diferença percentual com recurso aos valores médios do  $\text{VO}_2$  líquido obtidos em cada condição. Seguidamente, compararam-se as variáveis de repouso [ $\text{VO}_2$ , QR, FC,  $V_E$ , pressão arterial diastólica (PAD), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial média (PAM)] entre condições (marcha com oclusão vs. sem oclusão) através do teste *t* para amostras emparelhadas. Para a comparação das variáveis registadas durante o exercício submáximo ( $\text{VO}_2$ , QR, FC,  $V_E$ , PSE e fração de utilização do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para amostras repetidas: [condição (marcha com oclusão vs. não oclusão) x tempo (série 1, série 2, série 3, série 4 e série 5)]. Estas análises foram conduzidas com o objetivo de se retirarem conclusões sobre eventuais efeitos de condição e/ou tempo e interações entre ambos. Os efeitos principais foram decompostos por recurso a testes *t* post hoc com ajuste para a correção de Bonferroni.

Hipoteticamente, a informação eferente com origem no comando central pode estimular a  $V_E$  durante a marcha com oclusão vascular devido a um aumento da PSE (Piepoli *et al.*, 1995). A PSE individual durante o exercício é independente da produção de força e parece ditar a magnitude do comando central (Gandevia & Hobbs, 1990; Williamson *et al.*, 2001). Neste estudo obteve-se um aumento geral tanto na  $V_E$  e como nos valores da PSE durante a marcha com oclusão vascular. Mais ainda, verificou-se que estas diferenças (delta  $V_E$  e delta PSE) obtidas em cada uma das séries de marcha realizada com e sem oclusão vascular se encontravam positivamente correlacionadas entre si. Por este motivo, em ambos os casos, procedeu-se à sua redução a duas únicas componentes diferenciais (componente delta  $V_E$  e componente delta PSE) por intermédio da análise fatorial. Subsequentemente, examinaram-se os coeficientes de correlação de Pearson entre estas duas componentes reduzidas (delta  $V_E$  e delta PSE). Esta análise permitiu explorar se o aumento da  $V_E$ , resultante da marcha com oclusão, ocorreu secundariamente ao incremento no comando central.

A análise estatística foi realizada por recurso ao *software* estatístico SPSS (SPSS versão 21, SPSS Inc, Chicago), tendo-se definido como critério para significância estatística um valor de  $p < 0.05$ .

## 5. RESULTADOS

O quadro 2 demonstra que, para cada uma das variáveis estudadas, não foram encontradas diferenças significativas entre as duas condições na situação de repouso ( $p > 0.05$ ).

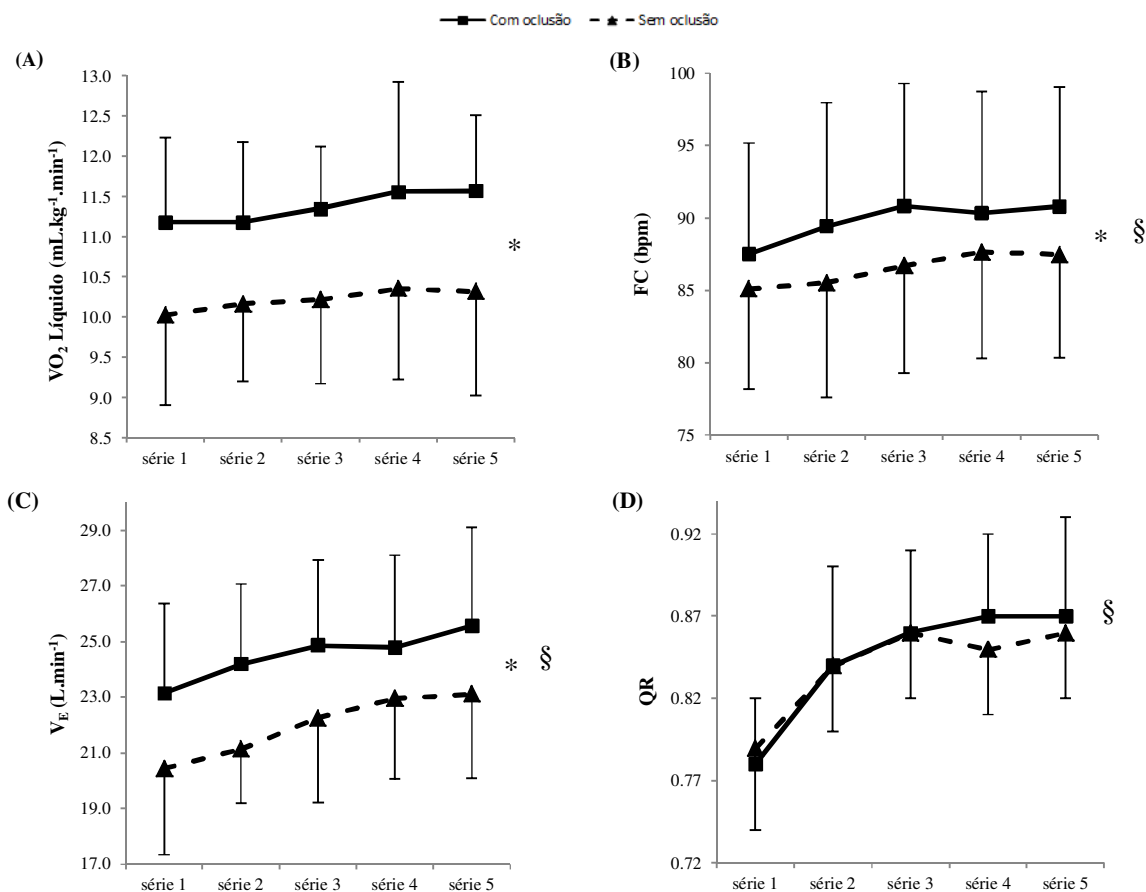
**Quadro 2.** Variáveis obtidas em repouso antes da prova submáxima realizada com e sem oclusão vascular.

Variável	Pré-marcha sem oclusão	Pré-marcha com oclusão
PAS (mmHg)	119.4 $\pm$ 9.0	120.1 $\pm$ 9.3
PAD (mmHg)	78.0 $\pm$ 8.1	75.6 $\pm$ 7.3
PAM (mmHg)	91.8 $\pm$ 8.2	91.6 $\pm$ 7.9
VO <sub>2</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	0.3 $\pm$ 0.03	0.3 $\pm$ 0.04
FC (bpm)	60.4 $\pm$ 7.9	59.1 $\pm$ 7.6
V <sub>E</sub> (L.min <sup>-1</sup> )	8.1 $\pm$ 1.1	8.4 $\pm$ 1.3
QR	0.85 $\pm$ 0.05	0.84 $\pm$ 0.06
V <sub>E</sub> /VO <sub>2</sub>	26.7 $\pm$ 1.7	26.7 $\pm$ 2.4
V <sub>E</sub> /VCO <sub>2</sub>	31.5 $\pm$ 2.6	31.5 $\pm$ 3.1

Abreviaturas: PAS pressão arterial sistólica; PAD pressão arterial diastólica; PAM pressão arterial média; VO<sub>2</sub> consumo de oxigénio; FC frequência cardíaca; V<sub>E</sub> ventilação minuto; QR quociente respiratório; V<sub>E</sub>/VO<sub>2</sub> equivalente ventilatório para o oxigénio; V<sub>E</sub>/VCO<sub>2</sub> equivalente ventilatório para o dióxido de carbono.

Nota: Os valores apresentados correspondem à média  $\pm$  DP

A figura 1 traduz o efeito da marcha submáxima com e sem oclusão vascular no VO<sub>2</sub> líquido, na FC, na V<sub>E</sub> e no QR. Registou-se um efeito de condição no VO<sub>2</sub> líquido ( $F = 18.3$ ,  $p < 0.05$ ), assim como na V<sub>E</sub> ( $F = 20.0$ ,  $p < 0.05$ ). Em conformidade, a marcha com oclusão vascular resultou num aumento do VO<sub>2</sub> líquido e na V<sub>E</sub>. Também se verificou um efeito condição na resposta cronotrópica ( $F = 7.5$ ,  $p < 0.05$ ). Apesar do seu efeito não ser tão evidente como aquele verificado no VO<sub>2</sub> líquido e na V<sub>E</sub>, a marcha com oclusão vascular elevou a FC de esforço a valores superiores aos observados na condição de marcha sem oclusão vascular. Verificou-se ainda um efeito de tempo para a FC ( $F = 12.1$ ,  $p < 0.05$ ), V<sub>E</sub> ( $F = 17.6$ ,  $p < 0.05$ ) e QR ( $F = 76.2$ ,  $p < 0.05$ ). No decurso da análise univariada, discriminou-se um aumento significativo nos valores da FC, da V<sub>E</sub> e do QR da 1ª para a 5ª série (Fig. 1). Este aumento parece menos evidente para a FC e para o QR do que para a V<sub>E</sub>.



**Figura 1.** Comparação do consumo de oxigénio líquido (VO<sub>2</sub> líquido; A), frequência cardíaca (FC; B), ventilação minuto (V<sub>E</sub>; C) e do quociente respiratório (QR; D) durante as 5 séries de marcha submáxima realizada com e sem oclusão vascular. Os valores apresentados correspondem à média ± DP. \* Efeito de condição ( $p < 0.05$ ); § efeito de tempo ( $p < 0.05$ ).

De acordo com o quadro 3, registou-se um efeito de condição para a PSE ( $F = 30.8$ ,  $p < 0.05$ ) e para a fração de utilização do VO<sub>2máx</sub> ( $F = 20.8$ ,  $p < 0.05$ ). Assim sendo, a marcha com oclusão vascular contribuiu para o aumento generalizado dos valores destas variáveis comparativamente ao observado na condição de marcha sem oclusão vascular. Verificou-se ainda um efeito de tempo para a PSE ( $F = 12.1$ ,  $p < 0.05$ ). A análise univariada revelou a um aumento significativo na PSE da 1<sup>a</sup> para a 2<sup>a</sup> série; não se tendo verificado quaisquer outras diferenças para as restantes séries.

**Quadro 3.** Valores de percepção subjetiva de esforço e de intensidade relativa recolhidos durante as 5 séries de marcha submáxima.

Variável	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 5	
PSE						
Sem oclusão	8.2 ± 1.7	8.6 ± 1.9	8.8 ± 1.9	9.0 ± 1.9	9.1 ± 2.2	
Com oclusão	9.9 ± 2.2	10.6 ± 1.9	10.9 ± 2.2	11.2 ± 2.3	11.3 ± 2.2	* §
% VO <sub>2máx</sub>						
Sem oclusão	23.4 ± 2.6	23.6 ± 2.2	23.7 ± 2.4	23.9 ± 1.9	23.9 ± 2.5	
Com oclusão	25.6 ± 2.9	25.6 ± 3.1	25.9 ± 3.1	25.9 ± 3.0	26.3 ± 3.4	*

Abreviaturas: PSE, percepção subjetiva de esforço; FU VO<sub>2máx</sub>, fração de utilização do consumo máximo de oxigénio.

Nota: Os valores apresentados correspondem à média ± DP. \* Efeito de condição (p < 0.05); § efeito de tempo (p < 0.05).

Por último, com o propósito explorar se o aumento generalizado da V<sub>E</sub> observado durante a marcha com oclusão vascular poderia, eventualmente, decorrer de um incremento na magnitude do comando central, procedeu-se à redução dessas mesmas diferenças, conjuntamente com as verificadas na PSE, a duas componentes unitárias (componente delta V<sub>E</sub> e componente delta PSE) que foram posteriormente submetidas a uma análise de correlação. Esta análise revelou que o aumento da V<sub>E</sub> e aquele observado na PSE durante a marcha com oclusão vascular não apresenta uma correlação estatisticamente significativa (r = 0.33, p > 0.05).

## 6. DISCUSSÃO

---

Este estudo permite concluir que a oclusão vascular aumenta o custo metabólico líquido da marcha realizada por homens jovens e saudáveis a uma velocidade de locomoção metabolicamente ótima. Os dados também indicam que a diminuição na economia da marcha realizada com oclusão vascular pode ser parcialmente explicada por um aumento da  $V_E$ . Este aumento da  $V_E$ , na resposta à marcha com oclusão vascular, parece ser independente de um eventual incremento na magnitude do comando central durante o esforço. Assim sendo, tal como indicado na literatura existente, os resultados corroboram a noção de que a oclusão vascular induz uma redução na economia de marcha e que este efeito predispõe a um aumento na intensidade relativa do exercício realizado no domínio das intensidades submáximas (Abe *et al.*, 2006; Sakamaki-Sunaga *et al.*, 2012). No entanto, ao mostrar que a oclusão vascular perturba a economia líquida da marcha realizada à velocidade ótima, os resultados do presente estudo ampliam o conhecimento disponível na literatura existente. Este aspeto é importante porque existe evidência de que, por ser menos perturbada pela velocidade de marcha do que o  $VO_2$  bruto, a economia líquida é mais adequada às avaliações da economia de locomoção (Baker *et al.*, 2001). Mais ainda, a utilização do  $VO_2$  líquido dissipa ainda possíveis variações de dia-para-dia no  $VO_2$  de repouso; aspeto que é parte integrante do  $VO_2$  bruto durante o exercício. Por conseguinte, para propósitos de estabilidade, é geralmente aceite que a economia de marcha deve ser expressa como uma função do  $VO_2$  líquido em vez do  $VO_2$  bruto. Além disso, o protocolo submáximo usado neste estudo foi estruturado para a velocidade da passada que corresponde a um número de Froude de 0.25; uma velocidade correspondente ao menor custo energético da marcha humana (Saibene & Minetti, 2003). Contrastando com o observado na medição da economia de marcha a uma determinada velocidade absoluta, a mecânica da marcha torna-se mais aproximável entre os indivíduos de diferentes estaturas sempre que a velocidade é expressa em termos dinamicamente equivalentes (número de Froude; Saibene & Minetti, 2003). Finalmente, o uso de uma velocidade ótima de marcha pode ter contribuído para uma maior homogeneidade no  $VO_2$  entre os participantes durante a marcha realizada com e sem oclusão vascular.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a marcha com oclusão vascular aumenta o  $VO_2$  líquido em 9.4%; valor que é inferior ao referido por Abe *et al.* (2006) e Sakamaki-Sunaga *et al.* (2012) (~ 14 e 17%, respetivamente). Há pelo menos quatro explicações possíveis para esta discrepância. Primeiro, a diferença percentual entre condições foi calculada utilizando o  $VO_2$  líquido em vez do  $VO_2$  bruto. Segundo, no protocolo submáximo de exercício, cada participante marchou à sua velocidade metabolicamente ótima. Considerando que, numa fase prévia à medição do  $VO_2$ , os estudos anteriores não controlaram as diferenças entre

participantes para o comprimento do membro inferior, é possível especular-se que este aspeto possa ter afetado os seus resultados. Terceiro, no presente estudo, procedeu-se à medição da economia líquida tendo por base cinco séries de marcha realizada com e sem oclusão em condições de estacionaridade fisiológica. Contrariamente, o protocolo de passadeira rolante implementado por Abe *et al.* (2006) não permitiu que o estado estacionário fisiológico fosse alcançado em cada uma das séries (duração de cada série < 3 min). Quarto, como o custo energético da locomoção se relaciona inversamente com o  $VO_{2\text{máx}}$  (Fletcher *et al.*, 2009), só os participantes com um valor de  $VO_{2\text{máx}}$  acima do percentil 50 (valores normativos por faixa etária e sexo) foram incluídos no estudo aqui apresentado. Por esta razão, é possível que estes resultados sejam diferentes daqueles que decorrem de outros estudos em que os participantes apresentaram níveis mais baixos de potência aeróbia máxima.

No que diz respeito à  $V_E$ , existem dois estudos com protocolos de marcha contínua que mostraram um aumento dos seus valores face à exposição individual ao estímulo da oclusão vascular (Clark *et al.*, 1995; Sakamaki - Sunaga *et al.*, 2012). Apesar de os participantes incluídos no nosso estudo terem executado um protocolo intervalado por séries, também aqui se observou um aumento generalizado da  $V_E$  em contexto de marcha com oclusão vascular. Assim, estes resultados indicam que a oclusão vascular potencia a resposta ventilatória quer em regime de exercício contínuo, como intervalado. Sob uma perspetiva fisiológica, é possível que o aumento do  $VO_2$  durante a marcha com oclusão vascular possa então decorrer parcialmente de um trabalho adicional dos músculos inspiratórios e expiratórios, associado ao aumento da  $V_E$ . No entanto, embora as mudanças na  $V_E$  possam contribuir para a diminuição da economia líquida observada durante a marcha com oclusão, é pouco provável que o trabalho dos músculos inspiratórios e expiratórios seja integralmente responsável pela diminuição da economia de marcha observável na condição de oclusão vascular. Os estudos existentes indicam que o custo de  $O_2$  através da ventilação durante o exercício moderado é de  $\sim 2 \text{ mL.L}^{-1}$ . (Aaron *et al.*, 1992). Assim, se a ventilação média dos participantes subiu de 22 a  $24.5 \text{ L.min}^{-1}$ , o custo  $O_2$  deste aumento representa não mais do que 10% da real diferença na economia líquida de marcha entre condições. Existem portanto outros fatores que devem certamente estar envolvidos nesta diferença. Embora o efeito cronotrópico associado à marcha com oclusão vascular pudesse estar também envolvido, a alteração média na frequência cardíaca induzida nestas condições foi de 3.3 bpm. De acordo com as conclusões de estudos realizados neste domínio, mesmo que a frequência cardíaca fosse alterada em 20 bpm, este aumento iria apenas incrementar o  $VO_2$  líquido em  $8 \text{ mL.min}^{-1}$  (Bailey & Pate, 1991). No máximo, este aumento afetaria a economia líquida da marcha em  $0.1 \text{ mL.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ ; valor que contrasta substancialmente com o verificado no presente estudo.

Muito embora seja evidente que o aumento no *drive* ventilatório não possa explicar integralmente as diferenças na economia de marcha realizada com e sem oclusão vascular, é ainda assim importante que se determine o substrato fisiológico subjacente a este efeito. De acordo com a literatura, este efeito pode ter origem no aumento do comando central e, desta forma, associar-se positivamente ao incremento na PSE registado entre condições. Isto porque a PSE tem sido descrita como uma medida que determina largamente a magnitude do comando central implícito numa tarefa de esforço físico (Gandevia & Hobbs, 1990; Williamson *et al.*, 2001). Contudo, de acordo com os resultados do presente estudo, não existe qualquer associação entre o aumento do débito ventilatório decorrente da marcha com oclusão vascular e aquele registado na PSE. Assim se conclui que a potenciação do *drive* ventilatório, observável durante a marcha com oclusão vascular, é independente de um eventual incremento na magnitude do comando central.

Investigações mais recentes sugerem que a marcha com oclusão aumenta a atividade eletromiográfica do vasto lateral. Estes resultados são compatíveis com um recrutamento adicional de fibras musculares tipo II (James & Karabulut, 2013). Considerando que as fibras musculares do tipo II requerem mais  $O_2$  do que as fibras do tipo I para um mesmo débito de trabalho (Coyle *et al.*, 1992), é possível argumentar que o recrutamento do tipo de fibra possa contribuir significativamente para a diminuição da economia de esforço durante a marcha com oclusão vascular. Adicionalmente, mesmo que este aspeto nunca tenha sido explorado, a maior ativação do grande glúteo também pode também potenciar o aumento do  $VO_2$  líquido durante a marcha com oclusão vascular. Esta hipótese é suportada por estudos que demonstram que uma sessão de força com oclusão vascular aumenta a atividade eletromiográfica tanto dos músculos do braço (segmento subjugado à oclusão vascular), como dos músculos do tronco (região não restringida do ponto de vista vascular) (Yasuda *et al.*, 2006).

## 7. CONCLUSÕES

---

Em conclusão, constatou-se que a oclusão vascular diminui a economia líquida durante a marcha realizada por homens jovens e saudáveis à velocidade de locomoção metabolicamente ótima. Demonstrou-se ainda que o aumento da  $V_E$  pode contribuir parcialmente para os efeitos observados da oclusão sobre a economia da marcha. Finalmente, forneceu-se uma evidência preliminar de que o aumento da  $V_E$  na resposta à marcha com oclusão vascular parece ser independente de variações no comando central.



## 8. BIBLIOGRAFIA

---

- 1) Aaron E., Seow K., Johnson B., Dempsey J. (1992). Oxygen cost of exercise hyperpnea. *J Appl Physiol.* **72**: 1818–1825.
- 2) Abe T., Kearns C. & Sato Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol.* **100**: 1460-1466.
- 3) Abe T., Fujita S., Nakajima T., Sakamaki M., Ozaki H., Ogasawara R., Sugaya M., Kudo M., Kurano M., Yasuda T., Sato Y., Ohshima H., Mukai C., Ishii N. (2010a). Effects of low-intensity cycle training with restricted leg blood flow on thigh muscle volume and VO2max in young men. *J Sports Sci Med.* **9**: 452–458.
- 4) Abe T., Sakamaki M., Fujita S., Ozaki H., Sugaya M., Sato Y. & Nakajima T. (2010b). Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther.* **33**: 34-40.
- 5) ACSM. ACSM’S Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 8th edn (2009). Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, MD.
- 6) Bailey P., Pate R. (1991) Feasibility of improving running economy. *Sports Med.* **12**: 228–236.
- 7) Baker R., Hausch A., McDowell B. (2001). Reducing the variability of oxygen consumption measurements. *Gait Posture.* **13**: 202–209.
- 8) Bird S., Davidson R. (1997). *Guidelines for Physiological Testing of Athletes*. British Association of Sport and Exercise Sciences, Leeds, UK. Physiology Section.
- 9) Borg A. (1982) Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* **14**: 377–381.
- 10) Clark L., Piepoli M., Coats J. (1995). Skeletal muscle and the control of ventilation on exercise: evidence for metabolic receptors. *Eur J ClinInvest.* **25**: 299–305.

- 11) Cohen J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*, 2nd edn. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Hillsdale, NJ.
- 12) Coyle E., Sidossis L., Horowitz J., Beltz J. (1992). Cycling efficiency is related to the percentage of Type I muscle fibers. *Med Sci Sports Exerc.* **24**: 782–788.
- 13) Fletcher R., Esau P., Macintosh R. (2009) Economy of running: beyond the measurement of oxygen uptake. *J Appl Physiol.* **107**: 1918–1922.
- 14) Gandevia C., Hobbs F. (1990). Cardiovascular responses to static exercise in man: central and reflex contributions. *J Physiol.* **430**: 105–117.
- 15) James E., Karabulut M. (2013). Vascular restriction decreases EMG regularity during walking. *Hum Mov Sci.* **32**: 389–399.
- 16) Karabulut M., Cramer T., Abe T., Sato Y., Bembien G. (2010). Neuromuscular fatigue following low-intensity dynamic exercise with externally applied vascular restriction. *J Electromyogr Kinesiol.* **20**: 440–447.
- 17) Larkin A., Macneil G., Dirain M., Sandesara B., Manini M., Buford W. (2012). Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med. Sci. Sports Exerc.* **44**: 2077–2083.
- 18) Lida H., Nakajima T., Kurano M., Yasuda T., Sakamaki M., Sato Y., Yamasoba T. & Abe T. (2011). Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* **31**: 472–476.
- 19) Loenneke P., Thrower D., Balapur A., Barnes T., Pujol J. (2012). Blood flow-restricted walking does not result in an accumulation of metabolites. *Clin Physiol Funct Imaging*; **32**: 80–82.
- 20) Ogawa M., Loenneke P., Yasuda T., Fahs C., Rossow L., Thiebaud R., Bembien G., Abe T. (2012) Time course changes in muscle size and fatigue during walking with restricted leg blood flow in young men. *J Phys Educ Sports Manag.* **3**: 14–19.

- 21) Ozaki H., Sakamaki M., Yasuda T., Fujita S., Ogasawara R., Sugaya M., Nakajima T., Abe T. (2011) Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* **66**: 257–263.
- 22) Ozaki H., Kakigi R., Kobayashi H., Loenneke P., Abe T., Naito H. (2013). Effects of walking combined with restricted leg blood flow on mTOR and MAPK signalling in young men. *Acta Physiologica.* **211**:97-106
- 23) Park, S., Kim, J., Choi, H., Kim H., Beekley M. & Nho H (2010). Increase in maximal oxygen uptake following 2-week walk training with blood flow occlusion in athletes. *Eur J Appl Physiol.* **109**: 591-600.
- 24) Pereira, F. (1989). Análise da tarefa: Influência da competição na performance e frequência cardíaca em tarefas de precisão e velocidade: Provas de aptidão pedagógica e capacidade científica (Não Publicadas). Universidade Técnica de Lisboa – Faculdade de Motricidade Humana.
- 25) Pickering G., Hall E., Appel J., Falkner E., Graves J., Hill N., Jones W., Kurtz T., Sheps G., Roccella J. (2005) Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals: Part 1: blood pressure measurement in humans: a statement for professionals from the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research. *Hypertension.* **45**: 142–161.
- 26) Piepoli M., Clark L., Coats J. (1995). Muscle metaboreceptors in hemodynamic, autonomic, and ventilatory responses to exercise in men. *Am J Physiol.* **269**: H1428–H1436.
- 27) Renzi P., Tanaka H., Sugawara J. (2010). Effects of leg blood flow restriction during walking on cardiovascular function. *Med Sci Sports Exerc.* **42**: 726–732.
- 28) Saibene F., Minetti E. (2003) Biomechanical and physiological aspects of legged locomotion in humans. *Eur J Appl Physiol.* **88**: 297–316.

- 29) Sakamaki-Sunaga M., Loenneke P., Thiebaud R., Abe T. (2012) Onset of blood lactate accumulation and peak oxygen uptake during graded walking test combined with and without restricted leg blood flow. *Comp Exerc Physiol.* **8**: 117–122.
- 30) Sato, Y. (2005). The history and future of Kaatsu training. *Int. J. Kaatsu Training Res.* **1**: 1-5.
- 31) Souders P., Pyne D., Telford R., Hawley, J. (2004). *Sports Med.* **34**: 465-485.
- 32) Sundberg C. (1994). Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects to skeletal muscles. *Acta Physiol Scand Suppl.* **615**:1-50
- 33) Takano H., Morita T., Lida H., Asada K., Kato M., Uno K., Hirose K., Matsumoto A., Takenaka K., Hirata Y., Eto F., Nagai R., Sato Y., Nakajima T. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology.* **95**: 65–73.
- 34) Takarada Y., Takazawa H., Sato Y., Takebayashi S., Tanaka Y., Ishii N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *J Appl Physiol.* **88**: 2097–2106.
- 35) Thomas D., Fernhall B., Granat H. (1999). Changes in running economy during a 5-km run in trained men and women runners. *J Strength Cond Res.* **13**: 162–167.
- 36) Vilhena de Mendonça G., Pereira F. (2008). Between-day variability of net and gross oxygen uptake during graded treadmill walking: effects of different walking intensities on the reliability of locomotion economy. *Appl Physiol Nutr Metab.* **33**: 1199–1206.
- 37) Williamson W., McColl R., Mathews D., Mitchell H., Raven B., Morgan P. (2001) Hypnotic manipulation of effort sense during dynamic exercise: cardiovascular responses and brain activation. *J Appl Physiol.* **90**: 1392–1399.
- 38) Yasuda T., Fujita S., Miyagi Y., Kubota Y., Sato Y., Nakajima T., Bemben G., Abe T. (2006). Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. *Int J KAATSU Training Res* **2**: 15–18.

## 9. ANEXOS

---

### Questionário Médico Pré-exercício

**Toda informação fornecida é confidencial. Este questionário será útil para conhecermos melhor os seus hábitos de exercício físico e a sua saúde. Para garantir que não se insere em nenhum dos critérios de exclusão deverá responder todas as questões com toda a sinceridade.**

Sujeito ID: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_\_

Masculino/Feminino: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_

### Questionário Médico

	Sim	Não
1. Costuma ter dores no peito enquanto repousa e/ou realiza esforço?	_____	_____
2. Se respondeu “Sim”, o seu médico já diagnosticou estas dores?	_____	_____
3. Já sofreu um enfarte do miocárdio ou foi informado de quaisquer problemas cardíacos?	_____	_____
4. Caso a sua resposta seja “Sim”, o enfarte ocorreu durante o último ano?	_____	_____
5. Já fez algum electrocardiograma? Se sim, quando?	_____	_____
6. Costuma ter hipertensão? (> 140/90 mmHg)	_____	_____
7. Se respondeu “Sim”, está a controlar de alguma forma a sua pressão arterial elevada, por exemplo tomando medicamentos?	_____	_____
8. Já lhe foi diagnosticado colesterol elevado (hipercolesterolemia)	_____	_____
9. Costuma ter perda de equilíbrio devido a tonturas ou perdas de consciência?	_____	_____

10.O seu médico disse-lhe especificamente para não fazer exercício  
“severo” ou “pesado”?

\_\_\_\_\_

### Anamnese Clínica

Tem ou já teve: (marque X em caso afirmativo)

\_\_\_\_\_ Sopro cardíaco

\_\_\_\_\_ Arritmias

\_\_\_\_\_ Extrassístolia/Pausas compensatórias

\_\_\_\_\_ Asma

\_\_\_\_\_ Dor ou pressão no peito

\_\_\_\_\_ Bronquite

\_\_\_\_\_ Hipertensão

\_\_\_\_\_ Cancro

\_\_\_\_\_ Enfarte agudo do miocárdio

\_\_\_\_\_ Diabetes

\_\_\_\_\_ Acidente vascular cerebral (AVC)

\_\_\_\_\_ Enfisema pulmonar

### (continuação)

\_\_\_\_\_ Cãibras nas pernas

\_\_\_\_\_ Febre reumática

\_\_\_\_\_ Varizes

\_\_\_\_\_ Escarlatina

\_\_\_\_\_ Tonturas/ desmaio

\_\_\_\_\_ Intervenção cirúrgica

\_\_\_\_\_ Dor nas costas

\_\_\_\_\_ Falta de ar

\_\_\_\_\_ Lesões nas costas, joelhos ou tornozelos

\_\_\_\_\_ Epilepsia

\_\_\_\_\_ Pneumonia

Explicações/comentários/Descrições: \_\_\_\_\_

—

Outras doenças/lesões/problemas

médicos: \_\_\_\_\_

Medicamentos/medicamentos que está a tomar (Lista a dosagem por

favor): \_\_\_\_\_

### **Anamnese Familiar**

Por favor indique o número de parentes (mãe, pai, avós, irmãos) que têm ou tiveram as seguintes patologias:

Enfarte do miocárdio ou AVC antes dos 50 anos \_\_\_\_\_

Enfarte do miocárdio ou AVC depois dos 50 anos \_\_\_\_\_

Patologia cardíaca congénita \_\_\_\_\_

Cirurgia cardiotorácica \_\_\_\_\_

Hipertensão arterial \_\_\_\_\_

Diabetes \_\_\_\_\_

Excesso de peso/obesidade \_\_\_\_\_

Hipercolesterolemia \_\_\_\_\_

Comentários:

### Sintomatologia

Sente alguns dos seguintes sintomas durante a prática de exercício? (marque x em caso afirmativo)

\_\_\_\_\_ Dor no peito

\_\_\_\_\_ Falta de ar

\_\_\_\_\_ Palpitações

\_\_\_\_\_ Tosse durante o esforço

### Hábitos de Tabagismo

Hábitos de fumador

Fuma tabaco diariamente?

Sim \_\_\_\_\_

Não \_\_\_\_\_

Se sim, quantos por dia?  
maço \_\_\_\_\_

<1/2 maço \_\_\_\_\_

½ a 1

1 -2 maços \_\_\_\_\_

>2 maços \_\_\_\_\_

Já fumou tabaco no passado e conseguiu deixar o hábito de fumar? Sim \_\_\_\_\_

Não \_\_\_\_\_

Quantos meses/anos passaram desde que deixou o hábito de fumar? \_\_\_\_\_

Quantos maços de tabaco fumava por dia antes de ter deixado de fumar? \_\_\_\_\_

Quantos anos fumou antes de parar de fumar? \_\_\_\_\_



### Hábitos de Exercício/Actividade Física

1. É fisicamente activo? \_\_\_\_\_  
Se sim, que tipo de actividade pratica regularmente? \_\_\_\_\_
2. Quantas vezes por semana pratica actividade física? \_\_\_\_\_
3. Durante quantos minutos pratica actividade física? \_\_\_\_\_
4. Qual a intensidade do seu exercício? (Assinale uma opção)  
Baixo      Moderado      Elevado
5. Desde há quanto tempo (em anos) se considera fisicamente activo? \_\_\_\_\_

## **Termo de Consentimento Informado**

### **para Testes de Avaliação da Condição Física**

#### **1. Objectivos**

Os testes de avaliação fisiológica realizados no Laboratório de Comportamento Motor têm como objectivo fornecer informação útil que contribua para a investigação científica nesta área de conhecimento. O recurso a meios laboratoriais especializados e a técnicas e protocolos adaptados às diferentes modalidades de avaliação visa a obtenção de dados que possam ser utilizados pelos investigadores para eventual divulgação científica.

#### **2. Pressupostos e Limitação de responsabilidade**

Os testes a realizar não têm qualquer intuito de diagnóstico clínico nem de despiste de lesões ou patologias que possam ser consideradas de ordem médica. Não visam suportar a prescrição terapêutica nem a reabilitação especificamente clínica.

Pressupõe-se sempre que os sujeitos não apresentem restrições para a prática de actividade desportiva.

O laboratório dispõe de equipamento para situações de emergência e os seus técnicos têm formação específica em suporte básico de vida.

Com base nestes pressupostos, apesar de os testes envolverem actividade física intensa, o risco de lesões ou acidentes é considerado baixo.

O laboratório e os seus técnicos declinam qualquer responsabilidade por lesões ou acidentes que possam ocorrer, bem como pelos seus efeitos ou consequências, cuja causa não seja atribuível a manifestos erros ou omissões de ordem técnica na aplicação dos testes. A assinatura deste termo de consentimento implica a aceitação expressa desta limitação de responsabilidade.

#### **3. Testes a realizar**

Os procedimentos de avaliação laboratorial podem incluir:

- Testes de esforço, realizados em tapete rolante, bicicleta ergométrica ou outro ergómetro específico, com intensidades crescentes que poderão atingir a intensidade máxima tolerada pelo sujeito; são monitorizados diversos parâmetros mecânicos, metabólicos e cardio-respiratórios;

- Análise do lactato sanguíneo, realizada através de punção capilar no lóbulo da orelha ou polpa do dedo, com colheita de uma pequena amostra de sangue capilar;
- Testes de força máxima e potência muscular, realizados com diferentes tipos de dinamómetros.

#### 4. Interrupção dos Testes

Os testes poderão ser interrompidos devido a fadiga, desconforto ou razões de ordem técnica. Poderão igualmente ser interrompidos, em qualquer momento, por mera decisão do avaliado.

#### 5. Dúvidas

Os participantes deverão sempre pedir toda e qualquer informação que considerem necessária. Qualquer dúvida deverá ser cabalmente esclarecida, de imediato, pelos técnicos do laboratório.

Declaro que li este termo de consentimento e que autorizo a realização dos testes. Poderei sempre, em qualquer momento (antes ou durante a realização dos testes), retirar esta autorização. Autorizo também que, salvaguardando o meu anonimato, os resultados dos testes possam ser utilizados pela Faculdade de Motricidade Humana para trabalhos de investigação ou divulgação de carácter científico e/ou pedagógico.

Os resultados dos testes apenas deverão ser fornecidos: ☐ A mim

☐ \_\_\_\_\_

Nome completo: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Responsável pelo poder paternal: \_\_\_\_\_

(apenas para menores de idade)